

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Ambiental

“REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA: MINERÍA Y CONTAMINACIÓN DE AGUAS POR METALES PESADOS”

Trabajo de investigación para optar el grado de:

Bachiller en Ingeniería Ambiental

Autores:

Rosa Elvira Pretell Avalos de Huamanquispe

Victoria Isabel Tafur Izquierdo

Asesor:

Ing. Juan Carlos Flores Cerna

Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

A Dios que nos permite siempre tener una razón para disfrutar y aprender de la vida

AGRADECIMIENTO

Al Mg. Ing. Juan Carlos Flores Cerna, asesor, por sus aportes técnicos y moral para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	12
CAPÍTULO III. RESULTADOS	19
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	30
4.1 Discusión	30
4.2 Conclusiones	37
REFERENCIAS	38
ANEXOS	42
Anexo N° 1: Estudios preseleccionados	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Trabajos de investigación seleccionados</i>	14
Tabla 2: <i>Trabajos de investigación seleccionados</i>	20
Tabla 3: <i>Resultados de análisis de metales y metaloides totales</i>	21
Tabla 4: Empresas minero metalúrgicas en la parte alta de la quebrada Parac	22
Tabla 5: Metales pesados antes de la descarga de los efluentes mineros	22
Tabla 6: Metales pesados después de la descarga de los efluentes mineros.....	23
Tabla 7: Puntos de muestreo en el Río San Pablo, en tiempo de estiaje.	23
Tabla 8: Puntos de muestreo en el Río San Pablo, en tiempo de lluvia.	24
Tabla 9: <i>Concentración de metales pesados Río Grande y tributarios</i>	25
Tabla 10: Metales pesados en aguas aledañas a las mineras.	28
Tabla 11: Estadísticos descriptivos de los valores considerados.....	28
Tabla 12: Matriz de riesgos de los contaminantes (metales pesados)	36
Tabla 13: Índice de metales pesados más peligrosos	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Concentración de Aluminio en las fuentes analizadas.....	30
Figura 2: Concentración de Arsénico en las fuentes analizadas.....	30
Figura 3: Concentración de Cadmio en las fuentes analizados.	31
Figura 4: Concentración de Cobre en las fuentes analizadas.	32
Figura 5: Concentración de Hierro en las fuentes analizadas.....	32
Figura 6: Concentración de Manganeseo en las fuentes analizadas.....	33
Figura 7: Concentración de Mercurio en las fuentes analizadas	34
Figura 8: Concentración de Plomo en las fuentes analizadas.....	34
Figura 9: Concentración de Zinc en los ríos aledaños a las fuentes analizadas	35

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue hacer una revisión sistemática de los trabajos de investigación sobre el tema de la contaminación minera en aguas por metales pesados. No se han encontrado trabajos similares, salvo en México. Para alcanzar el objetivo se hizo una búsqueda en los repositorios de las principales universidades peruanas: Pontificia Universidad Católica del Perú, Universidad Privada del Norte, Universidad Nacional de Cajamarca; además de utilizar indexadores de publicaciones científicas tales como Scielo, Google académico, etc. Inicialmente se preseleccionaron 40 trabajos de los cuales 15 contenían las variables en estudio, finalmente sólo 4 trabajos cumplieron con los parámetros establecidos, a partir de los cuales se elaboraron los cuadros estadísticos que se presentan en el presente estudio. La principal conclusión a la que se arribó es que existe contaminación por metales pesados de procedencia minera en aguas de ríos y quebradas aledañas a las operaciones, destacándose el plomo por su peligrosidad debido a la frecuencia y altos valores que alcanza.

Palabras clave: Minería, contaminación, agua.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La minería es uno de los principales motores del desarrollo económico del país, aportando aproximadamente el 15 % del Producto Bruto Interno (INEI, 2017) esta importancia es precisamente la que obliga al estado y sociedad en general a velar porque su desempeño diario sea con estricto apego a la normatividad y respeto absoluto por la preservación del ambiente. Si se desea conservar una actividad por largo tiempo, ésta deberá ser sostenible y sustentable bajo todo punto de vista.

Existen sectores tanto políticos como sociales que se plantean la dicotomía: ¿minería o agua?, ¿minería o conservación de los recursos? ¿extracción o industrialización? Todas estas preguntas son válidas y corresponde al Estado absolver las dudas de la población y aún someterse a su consenso. En los últimos años ha crecido la preocupación por la conservación del ambiente, preocupación que no es vana en absoluto. Existen indicadores a nivel mundial que estamos frente a un cambio climático debido al calentamiento global causado por contaminación de diversas fuentes.

En el país, es de dominio público los grandes desastres ecológicos producidos por la minería informal en Madre de Dios, la contaminación de La Oroya por el complejo Metalúrgico del mismo nombre de larga data y autoría; los relaves mineros antiguos con sus pasivos ambientales con su correspondiente impacto ambiental produciendo el descontento social. En los últimos años igualmente se han producido protestas y

resistencia a la inversión minera debido principalmente al temor a que éstas afecten los suministros normales de agua a las poblaciones y tierras de cultivo y/o produzcan contaminación de las mismas.

Se ha realizado una búsqueda para comprobar si existen revisiones sistemáticas sobre la temática del presente estudio, sin embargo, no se han encontrado trabajos de investigación universitarios que compilen y analicen la problemática de la contaminación minera en aguas por metales pesados en el país. Existen, sin embargo unos pocos estudios que se acercan pero no coinciden con nuestro objetivo, como el de Delgado (2016), que analiza el impacto minero mayormente en el campo económico. A nivel internacional se ha encontrado la investigación de Iturbe y Silva (2015) de la Universidad Autónoma de México titulada *Revisión bibliográfica sobre contaminación de suelos y acuíferos*, sin embargo, no analiza problemas concretos sino la teoría sobre el particular.

Por otro lado, fuera del ambiente académico, se han encontrado algunos estudios financiados por organismos internacionales como el de Aquino (2017) que en base a datos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) publicó el estudio *Calidad de agua en el Perú. Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales*, gracias al apoyo de La Confederación Suiza, a través del Programa Global de Iniciativas de Agua de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), liderado por Derecho, Ambiente y Recursos (DAR) en el marco de la alianza COSUDE y Avina.

Un estudio particularmente interesante es el de (Villena, 2018) quien sostiene que “la actividad extractiva de minerales... genera condiciones para la dispersión de contaminantes químicos, especialmente metales, que alcanza incluso al agua potable, determinando una exposición generalizada de la población a un riesgo crónico que ya empieza a ser inmanejable”. Según Villena el cadmio sería el principal contaminante en el norte, el plomo en el centro y el arsénico en el sur. El enfoque de Villena fue revisar los datos de las Empresas Prestadoras de Servicios de agua potable, sin embargo, su data procede del año 2001.

Por otro lado, La Defensoría del Pueblo (2015) también publicó un informe sobre los avances y pendientes de la gestión estatal sobre los pasivos ambientales en los que menciona los impactos de la contaminación minera sin presentar mayores datos estadísticos. Por demás son mayormente los informes periodísticos, los que alertan sobre los problemas de contaminación del medio ambiente por efectos de relaves u operaciones mineras, incluida la contaminación de ríos y cuencas, sin embargo, estos informes carecen de la rigurosidad científica necesaria para vislumbrar la real situación de la contaminación minera en el país.

La falta de información respecto a la realidad anteriormente descrita motivó la realización de la presente revisión sistemática, con el fin de conocer hasta qué grado se ha estudiado la contaminación minera en las aguas del país, y cuáles son los resultados de dichos estudios. Esta tarea no ha sido fácil pues no se han encontrado muchas investigaciones que satisfagan las variables consideradas en el presente estudio.

1.2. Formulación del problema

¿Según la revisión sistemática de la literatura, causa la minería contaminación de las aguas por metales pesados?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar, según la revisión sistemática de la literatura, si la minería causa contaminación de las aguas por metales pesados.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar, según la relación sistemática de la literatura, qué metales pesados están presentes en las fuentes de aguas aledañas a las minas con valores superiores a los establecidos por el ECA.

Determinar, según la relación sistemática de la literatura, que metales pesados presentan mayor peligro por su elevada concentración y frecuencia en aguas aledañas a las minas.

1.4. Hipótesis

Según la revisión sistemática de la literatura, la minería causa contaminación de las aguas por metales pesados.

Según la revisión sistemática de la literatura, existen metales pesados en las fuentes de aguas aledañas a las minas con valores superiores a los establecidos por el ECA.

Según la revisión sistemática de la literatura, existen metales pesados que presentan peligro por su elevada concentración y frecuencia en aguas aledañas a las minas.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Materiales, instrumentos y métodos

El presente estudio hace una revisión sistemática de los estudios de investigación sobre la contaminación de aguas con metales pesados como consecuencia de la minería en el Perú.

La revisión sistemática requiere:

Claro enunciado de la pregunta a responder, definición de criterios de inclusión y exclusión, extensa identificación de la evidencia disponible, uniforme extracción de los datos, evaluación de la calidad de los estudios, clara presentación de los resultados, análisis estadístico (meta-análisis), estimación de la medida global del efecto con su IC 95%, determinación de la heterogeneidad, análisis de subgrupos y sensibilidad, determinación del sesgo de publicación. (Davies & Crombie, 2015).

Los documentos revisados se ajustan a los siguientes criterios de selección y exclusión: antigüedad no mayor a 10 años, idioma: español, tipos de publicación: tesis universitarias de pre grado y post grado e investigaciones gubernamentales y supragubernamentales.

Las fuentes de información utilizadas fueron: Instituto Nacional de Estadística del Perú (INEI), repositorios digitales de tesis de las universidades peruanas: San Marcos, Pontificia Universidad Católica del Perú, Universidad Particular del Norte, Universidad Nacional de Cajamarca. Se utilizó también la base de datos de Scielo.

La estrategia de búsqueda de información se basa en el uso del algebra booleana utilizando las palabras claves de búsqueda en los repositorios señalados.

Se preseleccionaron inicialmente 40 documentos, de los que fueron seleccionaron 15 que contenían las variables consideradas en el presente estudio.

Para el proceso de clasificación de documentos se utilizó el siguiente cuadro:

Tabla 1

Trabajos de investigación seleccionados

N°	Año	Fuente	Título	Breve resumen
1	2010	Astete, Jonh Gastañaga, del Carmen Pérez, Doris	<i>Niveles de metales pesados en el ambiente y su exposición en la población luego de cinco años de exploración minera en Las Bambas, Perú 2010</i>	Se obtuvo muestras de agua, aire y suelo para determinar las concentraciones de PM 10 y metales pesados. Resultados. Concentraciones ambientales de PM 10 y metales pesados no sobrepasaron los valores referenciales establecidos.
2	2012	Moschella, Paola.	<i>Impactos ambientales de la minería aurífera y percepción local en la microcuenca Huacamayo, Madre de Dios. Pontificia Universidad Católica del Perú</i>	Durante la fase de beneficio del mineral se emite mercurio al ambiente contaminando el aire y agua, lo cual afecta a la flora, fauna y la salud humana. Se estima que hasta el 2010 se emitieron 162.29 ton. de mercurio. A partir de los resultados, se evidencia que los principales factores que intervienen en la percepción de los impactos son: la posibilidad de percibir directamente el impacto, la capacidad de comprensión de las causas y procesos que intervienen y la disponibilidad de información.
3	2014	Díaz, E.	<i>Factores Que Influyen En La Calidad Del Agua Del Manantial De Molinopampa, Que Se Usa Para Consumo Doméstico En La Ciudad De Celendín. Universidad Nacional de Cajamarca</i>	Los resultados indican influencia de la calidad de agua del manantial Molinopampa por condiciones geo edáficas y actividades antrópicas. Asimismo, los Índices de la Calidad del Agua (ICA) del manantial de Molinopampa, oscilan entre 62.81 a 77.71; que según la escala de Brown está entre regular a buena, recomendando su tratamiento previo, antes de su consumo en la ciudad de Celendín.
4	2015	Corzo Remigio, A.	<i>Impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la microcuenca Quebrada Parac, distrito de San Mateo de Huanchor, Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú.</i>	Se encontró que los relaves contienen sulfuros, que aportan con elementos tóxicos a los ríos Aruri y Rímac. Estos superan los límites permisibles del estándar del Estado de Oregón, Estados Unidos que son más estrictos que el criterio peruano, sobre todo con el arsénico que es altamente tóxico. Asimismo, se observó que ambas comunidades riegan papa y alfalfa, cultivos caracterizados por bioacumular metales y metaloides.
5	2015	Gallardo Saenz, I.	<i>Impacto de la minera Sipán en aguas superficiales del centro poblado San Antonio De Ojos- San Miguel - Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca.</i>	los Efluentes se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles, así como dentro del rango de las concentraciones según los ECAs .y por último, para los cuerpos receptores se encontró que los pHs y las concentraciones de metales según ECAs, se encuentran dentro de-los LMP según indica la categoría 3 del D. S. N°002-2008-MINAM.
6	2016	Alvarez, G.	<i>Medición de las propiedades geoquímicas del drenaje de agua subterránea del nivel 6 y del relave del pasivo ambiental de la mina Paredones y su contaminación en el rio San Pablo</i>	Se determinó que no existe contaminación en el río San Pablo, concluyendo que en tiempo de sequía no existe contaminación por As, Fe, Pb, Zn en el río San Pablo y no existe contaminación por Cu y el valor que presenta la muestra es por variaciones del muestreo. Y en tiempo de lluvia también se concluye que no existe contaminación por As, Cu, Fe, Pb y Zn en el río San Pablo.

Fuente: Elaboración propia.

- | | | | | |
|----|------|----------------------------|---|---|
| 7 | 2016 | Flores, H. | <i>Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas del río Grande y su relación con la actividad minera</i> | Si bien los resultados demuestran que en todos los puntos de monitoreo existen metales pesados, no se puede concluir que sea debido a la actividad minera. El plomo fue el único metal que en cinco puntos de monitoreo sobrepasó los Estándares de Calidad Ambiental para agua, siendo su máxima concentración en el punto RGR (0,246 mg L ⁻¹), donde superó en 392% al ECA. Asimismo, el manganeso excedió en la estación lluviosa en el punto RG2 (0,591 mg L ⁻¹) con 18% y en el punto QE3 (0,533 mg L ⁻¹) en la estación seca con 6.6 %. |
| 8 | 2016 | Salazar, R. | <i>Análisis del impacto geoambiental de pasivos ambientales aplicando sensoramiento remoto y firmas espectrales utilizando envi, provincia de Hualgayoc, Cajamarca, 2016.</i> | Luego de aplicar el procedimiento en mención, se logró obtener un resultado cuya importancia radica en haber mejorado la visión e interpretación de los cambios hidrológicos, geomorfológicos y de vegetación. Al analizar las imágenes LANDSAT, se pudo identificar a través de las firmas espectrales cambios geomorfológicos, hidrológicos y de vegetación considerables desde el año 1984 hasta el año 2015. |
| 9 | 2017 | Cieza, Rosario | <i>Concentración de metales pesados específicos en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc – 2017</i> | Concluye que el agua que consume la población de la zona urbana del distrito de Hualgayoc no está contaminada por metales pesados ya que se encuentra por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). |
| 10 | 2017 | Huanacuni, V. | <i>Análisis de metales pesados en el ecosistema de la cuenca Llaucano por la actividad minera en la provincia de Hualgayoc – Cajamarca 2016</i> | Nos formulamos la siguiente interrogante: ¿Cuáles son los metales pesados en el ecosistema en la cuenca Llaucano por la actividad minera en la provincia Hualgayoc – Cajamarca 2016? |
| 11 | 2017 | Vera, P. | <i>Dinámica del As, Cd y Pb en el agua superficial de la parte alta del río Jequetepeque Provincia de San Miguel – Cajamarca.</i> | Las concentraciones de los metales son significativamente menores tanto en época de estiaje como en época de lluvia, a los valores de los Estándar de Calidad Ambiental para Aguas D.S. N° 004 – 2017 - MINAM, Categoría 3. |
| 12 | 2018 | Rodríguez, S. | <i>Impactos geotécnico-ambientales en cabeceras de subcuencas por implantación de minas Conga, Cajamarca-Perú</i> | A futuro ocurrirán fuertes impactos ambientales debido a la generación de drenaje ácido de minerales de los botaderos y minerales de baja ley, residuos de mineral sulfurado de los pits;
los cuales contaminarían las aguas superficiales, subterráneas y manantiales.
El resultado final de la investigación constituye la matriz cuantitativa de impactos en las cinco subcuencas, instrumento que deberá ser utilizado por empresas, estado, consultoras y usuarios, para medir datos reales de impactos geo-ambientales. |
| 13 | 2018 | Tirado, P., & Valverde, L. | <i>Determinación de la concentración de hierro, manganeso y cobre en aguas del río Chiminero de la provincia de Cajabamba</i> | Se determinó que la concentración de Hierro (Julio 6.258 mg/L y septiembre 6.321 mg/L) y cobre (Julio 2.451 mg/L y septiembre 2.451 mg/L) en el punto RCH-2 superan |

- | | | | | |
|----|------|----------------|---|--|
| | | | | <p>los estándares de calidad ambiental siendo el punto tomado después de la influencia de la minería informal.</p> <p>Mientras que el metal manganeso en todos los puntos tomados, superan el estándar de calidad ambiental, siendo el punto RCH-4 el que posee la concentración de manganeso más alta (Julio 8.548 mg/L y septiembre 8.561 mg/L)</p> |
| 14 | 2018 | Vargas, Josué. | <p><i>Análisis y relación geoquímico ambiental de los elementos pesados (As, Ba, Cd, Hg, y Pb), en la microcuenca Jangas - Huaráz. Universidad Nacional de Cajamarca.</i></p> | <p>Los resultados mostraron concentraciones de As por encima de los límites en diez muestras, mientras que el Pb solamente superó el ECA (Estándar de Calidad Ambiental) correspondiente en una estación de muestreo. Se concluyó que las abundancias geoquímicas de As y Pb que superan el Estándar de Calidad Ambiental obedecen a factores geológicos, sin descartar factores antrópicos, evidenciados por labores mineras artesanales.</p> |
| 15 | 2019 | Pérez, Y. | <p><i>Estudio de vulnerabilidad de los pasivos ambientales para el mejoramiento del recurso hídrico de la microcuenca río Parcoy, La Libertad, 2018</i></p> | <p>Los resultados demostraron que los relaves contienen sulfuros que aportan con elementos tóxicos a los ríos sobrepasando los límites permisibles.</p> |
-

2.2. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Para la búsqueda sistemática se tuvieron en cuenta las siguientes restricciones:

Antigüedad máxima: 10 años

Alcance: zona rural, Perú.

Tipo de documento: Tesis de grado, maestría o doctorado.

Palabras clave:

Contaminación minera agua, Minería y agua, Pasivos ambientales, Relaves, Relaves agua.

Repositorios revisados

- Universidad Nacional de Cajamarca
- Pontificia Universidad Católica del Perú
- Universidad Mayor de San Marcos
- Universidad Privada del Norte
- Universidad Nacional de Ingeniería

Indexadores

- Google
- Google académico
- Scielo

2.3. Procedimiento

Se procedió a revisar los resultados de la búsqueda en las diferentes bases de datos mencionadas. Se preseleccionaron 40 trabajos. Se descartaron los resultados que no cumplían los criterios de antigüedad y objetivos considerados. Quedaron 15 tesis después de aplicar este primer filtro. Se examinaron los datos consignados para verificar la disponibilidad de los mismos, se descartaron 11 trabajos por no consignar la data requerida. Los 4 trabajos finales fueron analizados utilizando la estadística descriptiva.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Los trabajos seleccionados fueron sometidos a una evaluación rigurosa para ver si contenían las variables de interés. Se tuvieron que retirar 8 trabajos debido a diferentes razones: Se desestimaron los trabajos de Astete, Gastañaga, & Pérez (2014), porque no acompañan la mayoría de datos numéricos en sus resultados, limitándose a mencionar si están dentro de los límites permisibles. De Moschella, (2012) porque no realiza análisis propios, de Díaz, (2014) porque no establece la fuente de la contaminación, de Salazar (2017) porque no acompaña análisis específicos, de Cieza (2017); Vera (2017) y Tirado & Valverde (2018) porque pese a haber encontrado contaminación por metales pesados en aguas no se ha establecido su relación con la minería. El de Huanacuni (2017) porque a pesar de ser un proyecto interesante, al parecer no se ejecutó ya que no existe el informe correspondiente, el de Rodríguez (2018) porque a pesar de ser de gran apoyo no registra datos concretos de análisis químico, sin embargo, se proyecta hacia el futuro en base al EIA de Conga al que encuentra erróneo. El trabajo de Vargas (2018) fue descartado por que sus análisis se hicieron a los sedimentos fluviales y no a las aguas en sí. Finalmente, el trabajo de Pérez (2019) fue descartado porque ha restringido el acceso a los datos de los análisis por considerarlos confidenciales.

Finalmente, después de la segunda depuración se obtuvieron trabajos consistentes con los objetivos del presente estudio, los que son los siguientes:

Tabla 2

Trabajos de investigación seleccionados

N°	Año	Fuente	Título	Breve resumen
1	2015	Corzo Remigio, A.	<i>Impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la microcuenca Quebrada Parac, distrito de San Mateo de Huanchor, Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú.</i>	Se encontró que los relaves contienen sulfuros, que aportan con elementos tóxicos a los ríos Aruri y Rímac. Estos superan los límites permisibles del estándar del Estado de Oregón, Estados Unidos que son más estrictos que el criterio peruano, sobre todo con el arsénico que es altamente tóxico. Asimismo, se observó que ambas comunidades riegan papa y alfalfa, cultivos caracterizados por bioacumular metales y metaloides.
2	2015	Gallardo Saenz, I.	<i>Impacto de la minera Sipán en aguas superficiales del centro poblado San Antonio De Ojos-San Miguel - Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca.</i>	Los Efluentes se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles, así como dentro del rango de las concentraciones según los ECAs. y por último, para los cuerpos receptores se encontró que los pHs y las concentraciones de metales según ECAs, se encuentran dentro de los LMP según indica la categoría 3 del D. S. N°002-2008-MINAM.
3	2016	Alvarez, G.	<i>Medición de las propiedades geoquímicas del drenaje de agua subterránea del nivel 6 y del relave del pasivo ambiental de la mina Paredones y su contaminación en el río San Pablo</i>	Se determinó que no existe contaminación en el río San Pablo, concluyendo que en tiempo de sequía no existe contaminación por As, Fe, Pb, Zn en el río San Pablo y no existe contaminación por Cu y el valor que presenta la muestra es por variaciones del muestreo. Y en tiempo de lluvia también se concluye que no existe contaminación por As, Cu, Fe, Pb y Zn en el río San Pablo.
4	2016	Flores, H.	<i>Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas del río Grande y su relación con la actividad minera.</i>	Si bien los resultados demuestran que en todos los puntos de monitoreo existen metales pesados, no se puede concluir que sea debido a la actividad minera. El plomo fue el único metal que en cinco puntos de monitoreo sobrepasó los Estándares de Calidad Ambiental para agua, siendo su máxima concentración en el punto RGR (0,246 mg L-1), donde superó en 392% al ECA. Asimismo, el manganeso excedió en la estación lluviosa en el punto RG2 (0,591 mg L-1) con 18% y en el punto QE3 (0,533 mg L-1) en la estación seca con 6.6 %.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan los resultados más importantes de cada una de las tesis seleccionadas. Igualmente se presentan algunas conclusiones a las que arribaron los autores:

1.- Resultados de análisis de calidad de agua en San Mateo de acuerdo a Corzo (2015)

Tabla 3

Resultados de análisis de metales y metaloides totales

Código de muestra		Aruri 1	Aruri 2	Reservorio	Rímac 1	Rímac 2	Promedio
Fecha de muestreo		09/08/2013					
Hora de muestreo		10:50	11:40	12:30	13:30	13:55	
Parámetro	Unidad	Resultados					
Aluminio total	mg/L	0.461	0.067	0.066	0.03	0.125	0.1498
Arsénico total	mg/L	0.01	<0.01	<0.01	0.06	0.03	0.03333333
Bario total	mg/L	0.0163	0.0322	0.0614	0.037	0.0443	0.03824
Berilio total	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Boro toal	mg/L	0.168	0.183	0.122	0.223	0.412	0.2216
Cadmio total	mg/L	0.017	0.004	N.D.	N.D.	0.002	0.008
Calcio total	mg/L	78.33	54.72	49.54	91.41	131.06	81.012
Cobre total	mg/L	0.125	0.023	0.013	0.011	0.043	0.043
Cromo total	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Estaño total	mg/L	0.027	0.029	0.019	0.025	0.026	0.0252
Estroncio total	mg/L	0.598	0.418	0.403	0.882	1.505	0.7612
Hierro total	mg/L	1.821	0.244	0.094	0.114	0.241	0.5028
Magnesio total	mg/L	8.26	5.64	5.48	11.42	10.83	8.326
Manganeso total	mg/L	1.012	0.231	0.094	0.083	0.23	0.33
Mercurio total	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Níquel total	mg/L	<0.013	<0.013	<0.013	<0.013	<0.013	<0.013
Plata total	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Plomo total	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Potasio total	mg/L	1.01	0.82	0.76	4.64	3.69	2.184
Sodio total	mg/L	7.29	8.33	7.32	20.42	22.08	13.088
Talio total	mg/L	<0.011	<0.011	<0.011	<0.011	<0.011	<0.011
Titanio total	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Vanadio total	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Zinc total	mg/L	2.38	0.559	0.251	0.069	0.817	0.8152

Fuente: Corzo (2015)

Tabla 4

Empresas minero metalúrgicas en la parte alta de la quebrada Parac

Empresa Minera	Sustancia	Elementos	Capacidad
G.M. Germana	Metálica	Zn, Pb, Ag	--
S.M. Pacococha S.A.	Metálica	Pb, Ag	300 TMD
C.M. Millotingo S.A.	Metálica	Ag	350 TMD

Fuente: Corzo (2015)

2.- Resultados de análisis de calidad de agua en San Antonio de Ojos influencia de la minera Sipán de acuerdo a Gallardo (2015): De los varios resultados presentados tomamos los correspondientes al río Yanahuanga 2013 antes y después de la descarga de los efluentes mineros.

Tabla 5

Metales pesados antes de la descarga de efluentes mineros

Fecha	pH	As total	Cd total	Cu total	Fe total	Hg total	Mn total	Pb total	Zn total
Enero	7.7	0.013300	0.000145	0.000387	0.01100	0.0000326	0.000000659	0.00158	0.000557
Febrero	8.15	0.024000	0.000145	0.000387	0.19000	0.0000326	0.000000659	0.00158	0.000557
Marzo	8.41	0.013300	0.000145	0.000387	0.00100	0.0000326	0.000000659	0.00158	0.000557
Abril	7.49	0.018000	0.000145	0.000387	0.47200	0.0000326	0.000000659	0.00158	0.000557
Mayo	7.26	0.001000	0.000145	0.000387	0.10000	0.0000326	0.000000659	0.00158	0.000557
Junio	7.63	0.014000	0.000145	0.000387	0.19300	0.0000326	0.000000659	0.00158	0.000557
Julio	7.75	0.013300	0.000145	0.000387	0.02600	0.0000326	0.000000659	0.00158	0.000557
Agosto	7.49	0.013300	0.000145	0.000387	0.00100	0.0000326	0.000000659	0.00158	0.000557
Setiembre	7.25	0.013300	0.000145	0.000387	0.48700	0.0000326	0.000000659	0.00158	0.000557
Octubre	7.48	0.013300	0.000145	0.000387	0.00100	0.0000326	0.000000659	0.00158	0.000557
Noviembre	7.59	0.013300	0.000145	0.000387	0.00100	0.0000326	0.000000659	0.00158	0.000557
Diciembre	7.68	0.014000	0.000145	0.000387	0.11000	0.0000326	0.000000659	0.00158	0.000557
Promedio anual	7.66	0.013675	0.000145	0.000387	0.13275	0.0000326	0.000000659	0.00158	0.000557

Fuente: Gallardo (2015)

Tabla 6

Metales después de la descarga de efluentes mineros

Fecha	pH	As total	Cd total	Cu total	Fe total	Hg total	Mn total	Pb total	Zn total
Enero	8.34	0.013300	0.000145	0.000387	0.07600	0.0000326	0.0000866	0.00158	0.000557
Febrero	8.02	0.025000	0.000145	0.000387	0.11100	0.0000326	0.0000866	0.00158	0.000557
Marzo	7.86	0.013300	0.000145	0.000387	0.00800	0.0000326	0.0000866	0.00158	0.000557
Abril	7.61	0.018000	0.000145	0.000387	0.48900	0.0000326	0.0000866	0.00158	0.000557
Mayo	8.24	0.013300	0.000145	0.000387	0.17200	0.0000326	0.0000866	0.00158	0.000557
Junio	7.9	0.022000	0.000145	0.000387	0.17100	0.0000326	0.0000866	0.00158	0.000557
Julio	7.25	0.013300	0.000145	0.000387	0.09000	0.0000326	0.0000866	0.00158	0.000557
Agosto	7.55	0.013300	0.000145	0.000387	0.00100	0.0000326	0.0000866	0.00158	0.000557
Setiembre	7.81	0.013300	0.000145	0.000387	0.04600	0.0000326	0.0000866	0.00158	0.000557
Octubre	7.71	0.013300	0.000145	0.000387	0.04600	0.0000326	0.0070000	0.00158	0.000557
Noviembre	7.62	0.013300	0.000145	0.000387	0.25000	0.0000326	0.0000866	0.00158	0.000557
Diciembre	7.7	0.022000	0.000145	0.000387	0.13100	0.0000326	0.0000866	0.00158	0.000557
Promedio	7.80	0.016116	0.000145	0.000387	0.13258	0.0000326	0.0006627	0.00158	0.000557

Fuente: Gallardo (2015)

Se aprecia que el mencionado río no sufre una contaminación severa y cumple los estándares para calidad ambiental del agua – Categoría III.

3.- Resultados de análisis de calidad de agua en el río San Pablo de acuerdo a Álvarez (2016) en las inmediaciones del pasivo ambiental de la Mina Paredones.

Álvarez (2016) presenta información de diferentes puntos de muestreo internos y externos a la mina. Los más relevantes se presentan a continuación.

Tabla 7

Puntos de muestreo en el Río San Pablo, (estiaje).

Punto de Muestra	Arsénico (As)	Cobre (Cu)	Hierro (Fe)	Plomo (Pb)	Zinc (Zn)	pH a 25°C
500 m aguas arriba (P1)	0.040	0.200	0.300	0.100	0.030	7.9
Frente a la Bocamina (P3)	0.050	0.210	0.300	0.110	0.030	6.2
500 m. aguas abajo (P5)	0.030	0.210	0.240	0.100	0.028	6.7

Fuente: Álvarez (2016)

El comportamiento de los datos resulta anómalo, ya que el P5 muestra menos contaminación que el P1 para Arsénico, Hierro y Zinc. Esto podría deberse a un error o a la presencia de otros efluentes de aguas en el trayecto que diluyen los contaminantes. Para el objetivo de nuestro estudio el punto relevante es P5.

Tabla 8

Puntos de muestreo en el Río San Pablo, (lluvia).

Punto de Muestra	Arsénico (As)	Cobre (Cu)	Hierro (Fe)	Plomo (Pb)	Zinc (Zn)	pH a 25°C
500 m aguas arriba (P1)	0.012	0.001	0.283	0.005	0.015	8.49
Frente a la Bocamina (P3)	0.015	0.001	0.283	0.006	0.015	8.58
500 m. aguas abajo (P5)	0.009	0.000	0.226	0.005	0.014	6.00

Fuente Álvares (2016)

En el análisis para determinar si existe diferencia significativa ($\alpha=0.05$) entre la concentración de metales en tiempo de sequía y tiempo de lluvia, se concluye que la concentración de As ($p=0.217$), Cu ($p=0.0001$), Pb ($p=0.0006$) y Zn ($p=0.0013$) en el agua del río San Pablo según el ECA, en tiempo de sequía es mayor la concentración de estos metales que en tiempo de lluvia. Estadísticamente se rechaza que la concentración de Fe ($p=0.2970$) en el agua del río San Pablo en tiempo de sequía sea mayor a la concentración en tiempo de lluvia. Se rechaza, asimismo, la hipótesis alternativa de que el pH ($p=0.7510$) en el río San Pablo en tiempos de sequía sea más ácido que en tiempos de lluvia.

Se determinó comparando con los límites establecidos con el ECA, que no existe contaminación en el río San Pablo, concluyendo que en tiempo de sequía y lluvia no existe contaminación por As, Cu, Fe, Pb, Zn en el río San Pablo.

4.- Resultados de análisis de calidad de agua en el río Grande de acuerdo a Flores (2016).

Tabla 9

Concentración de metales pesados, río Grande y tributarios

N°	PUNTOS DE MONITOREO	ESTACIÓN	METALES PESADOS (mg L ⁻¹)															
			ALUMINIO		ARSENICO		HIERRO		CADMIO		MERCURIO		PLOMO		ZINC		MANGANESO	
			DISUELTO	TOTAL	DISUELTO	TOTAL	DISUELTO	TOTAL	DISUELTO	TOTAL	DISUELTO	TOTAL	DISUELTO	TOTAL	DISUELTO	TOTAL	DISUELTO	TOTAL
1	QCB	SECA																
		HUMEDA	0.043	0.412	0.010	0.010	0.148	0.702		0.001	0.0003	0.0003	0.010	0.028	0.052	0.164	0.158	
2	RG2	SECA	0.043	1.143	0.010	0.010	0.057	0.451		0.001	0.0003	0.0004	0.010	0.052	0.052	0.416	0.239	
		HUMEDA	0.048	0.85	0.010	0.018	0.058	0.692		0.001	0.0003	0.0003	0.016	0.041	0.047	0.649	0.591	
3	QE3	SECA	2.807	1.384	0.010	0.010	0.147	0.342	0.009	0.002	0.0003	0.0004	0.010	0.512	0.159	1.83	0.533	
		HUMEDA	2.868	2.236	0.010	0.010	0.673	0.677	0.011	0.003	0.0004	0.0003	0.010	0.518	0.347	1.539	0.455	
4	QQC	SECA	0.042	0.459	0.010	0.010	0.024	0.307		0.001	0.0003	0.0004	0.010	0.03	0.013	0.038	0.037	
		HUMEDA	0.082	0.542	0.010	0.010	0.073	0.442		0.001	0.0003	0.0003	0.067	0.025	0.019	0.036	0.059	
5	RGPM3	SECA	0.042	0.821	0.010	0.010	0.089	0.746		0.001	0.0003	0.0004	0.010	0.107	0.045	0.492	0.225	
		HUMEDA	0.213	1.025	0.010	0.012	0.177	0.868	0.009	0.001	0.0004	0.0003	0.090	0.098	0.079	0.364	0.22	
6	QVZ2	SECA	0.044	0.596	0.010	0.014	0.288	0.936		0.001	0.0003	0.0004	0.022	0.021	0.014	0.057	0.102	
		HUMEDA	0.057	1.024	0.010	0.014	0.12	1.132		0.001	0.0004	0.0004	0.100	0.026	0.014	0.045	0.084	
7	RGDS	SECA		0.691	0.010	0.010	0.021	0.611		0.001	0.0003	0.0004	0.010	0.072	0.042	0.418	0.271	
		HUMEDA	0.072	0.491	0.010	0.010	0.165	0.4	0.009	0.001	0.0003	0.0003	0.135	0.118	0.083	0.402	0.254	
8	RGR	SECA	0.042	0.705	0.010	0.010	0.021	0.586		0.001	0.0003	0.0004	0.010	0.027	0.026	0.214	0.138	
		HUMEDA	0.193	1.8	0.010	0.012	0.083	1.329		0.001	0.0003	0.0003	0.246	0.072	0.051	0.263	0.199	
	PROMEDIOS	SECA	0.503	0.828	0.010	0.011	0.092	0.568	0.009	0.001	0.000	0.000	0.012	0.117	0.050	0.495	0.221	

GENERALES	HUMEDA	0.447	1.048	0.010	0.012	0.187	0.780	0.010	0.001	0.000	0.000	0.084	0.116	0.087	0.433	0.253
-----------	--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Las evaluaciones se hicieron cada 30 días, desde diciembre del 2004 a noviembre del 2005.

En estos resultados encontramos incongruencias en algunos datos, por ejemplo, en los promedios de Zinc y Manganeso la cantidad que figura de metal disuelto es mayor a la cantidad total de dicho metal.

Flores presenta las siguientes conclusiones:

1. No se puede concluir que la presencia de metales pesados en las aguas del río Grande y sus tributarios esté directamente relacionados con la actividad minera. El plomo fue el único metal que en cinco puntos de monitoreo sobrepasó los estándares nacionales de calidad ambiental para agua clase A3 en la estación húmeda. Siendo el punto RGR el que manifestó la mayor concentración de este metal (0,246 mg L⁻¹), habiendo excedido en 392% al estándar nacional.
2. El manganeso, en el punto de monitoreo RG2 excedió en 18% al estándar nacional de calidad ambiental en la estación climática húmeda, y en el punto QE3 excedió en 6.6% a dicho estándar en la estación seca.

Para resumir e integrar los resultados observados en los distintos trabajos previos, se presenta una tabla donde se han seleccionado los datos más adecuados que reflejen una posible contaminación en el medio externo a las unidades mineras, no se han considerado análisis internos de las minas ni efluentes de relaves, sino la incidencia en los ríos aguas abajo.

Tabla 10:

Metales pesados en aguas aledañas a las mineras.

Código de muestra		Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3	Tesis 4
Fecha de muestreo		09/08/2013	Promedio anual	Promedio anual	Promedio anual
Parámetro	Unidad	Río Aruri	Río Yanahuanga	Río San Pablo	Río Grande y tributarios
Aluminio total	mg/L	0.461			0.938
Arsénico total	mg/L	0.01	0.01612	0.0195	0.011
Bario total	mg/L	0.0163			
Berilio total	mg/L	<0.0003			
Boro total	mg/L	0.168			
Cadmio total	mg/L	0.017	0.00015		0.001
Calcio total	mg/L	78.33			
Cobre total	mg/L	0.125	0.00039	0.105	
Cromo total	mg/L				
Estaño total	mg/L	0.027			
Estroncio total	mg/L	0.598			
Hierro total	mg/L	1.821	0.13258	0.233	0.674
Magnesio total	mg/L	8.26			
Manganeso total	mg/L	1.012	0.00066		0.237
Mercurio total	mg/L	<0.01	0.00003		0.000
Níquel total	mg/L	<0.013			
Plata total	mg/L	<0.002			
Plomo total	mg/L	N.D.	0.00158	0.0525	0.048
Potasio total	mg/L	1.01			
Sodio total	mg/L	7.29			
Talio total	mg/L	<0.011			
Titanio total	mg/L	<0.002			
Vanadio total	mg/L	<0.002			
Zinc total	mg/L	2.38	0.00056	0.021	0.068

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11

Estadísticos descriptivos de los valores considerados

Parámetro	Unidad	Promedio	Varianza	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
Aluminio total	mg/L	0.699	0.114	0.337	0.163
Arsénico total	mg/L	0.014	0.000	0.004	0.001
Bario total	mg/L	0.016			
Berilio total	mg/L	<0.0003			
Boro total	mg/L	0.168			
Cadmio total	mg/L	0.006	0.000	0.009	0.015
Calcio total	mg/L	78.330			

Cobre total	mg/L	0.077	0.004	0.067	0.058
Cromo total	mg/L				
Estaño total	mg/L	0.027			
Estroncio total	mg/L	0.598			
Hierro total	mg/L	0.715	0.599	0.774	0.837
Magnesio total	mg/L	8.260			
Manganeso total	mg/L	0.416	0.280	0.529	0.672
Mercurio total	mg/L	0.000	0.000	0.000	0.000
Níquel total	mg/L	<0.013			
Plata total	mg/L	<0.002			
Plomo total	mg/L	0.034	0.001	0.028	0.023
Potasio total	mg/L	1.010			
Sodio total	mg/L	7.290			
Talio total	mg/L	<0.011			
Titanio total	mg/L	<0.002			
Vanadio total	mg/L	<0.002			
Zinc total	mg/L	0.617	1.381	1.175	2.237

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

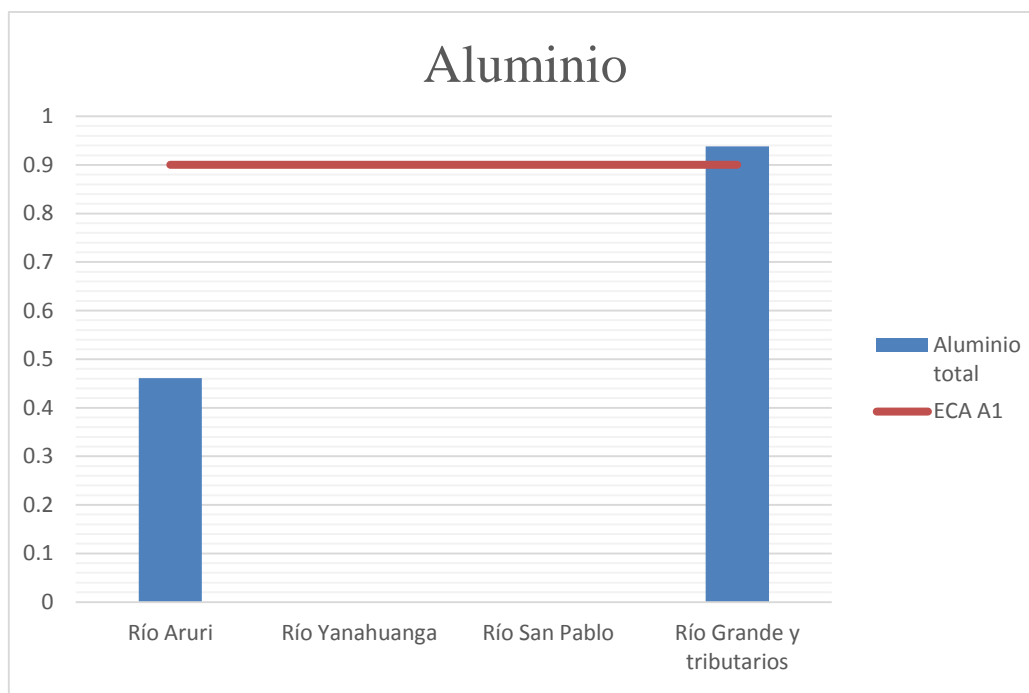


Figura 1: Concentración de Aluminio en las fuentes analizadas.

Con respecto al aluminio solamente la Tesis 1 y la 4 presentaron valores de análisis para el mencionado metal, Aruri presenta el menor valor y se encuentra dentro de los límites permisibles por el ECA, mientras que Río Grande de la tesis 4 excede dicho límite por poco.

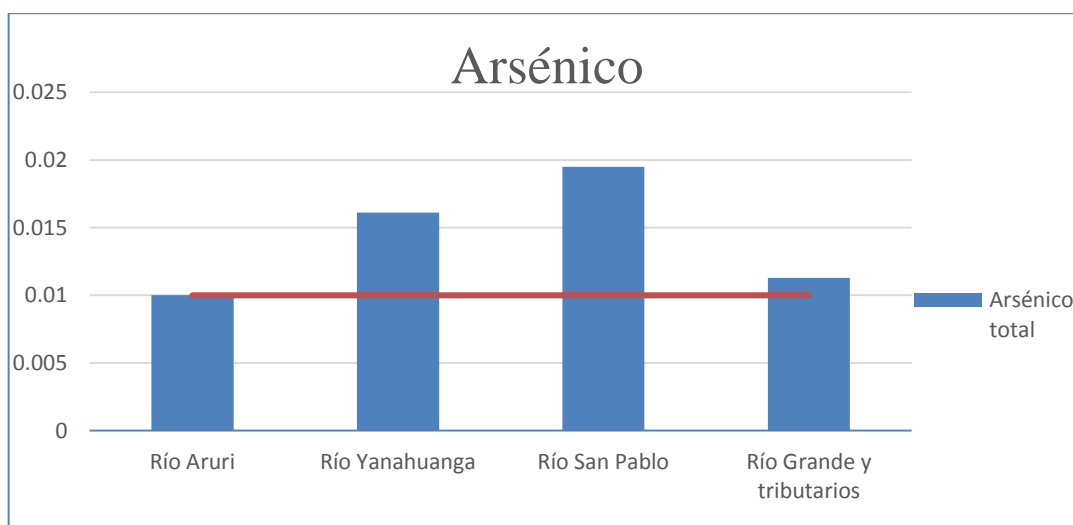


Figura 2: Concentración de Arsénico en las fuentes analizadas.

El valor de la tesis 3 en que fue analizado el Río San Pablo de la región de Cajamarca es el que presenta el mayor valor superando casi en 100% el valor máximo establecido por el ECA- El valor del Río Yanahuanga de la tesis 2 supera dicho límite en un 55%, le sigue Río Grande (tesis 4) que supera el ECA en alrededor de 15% mientras que el menor valor lo presenta Aruri (Tesis 1) que se encuentra casi en el mismo valor del ECA.ⁱ

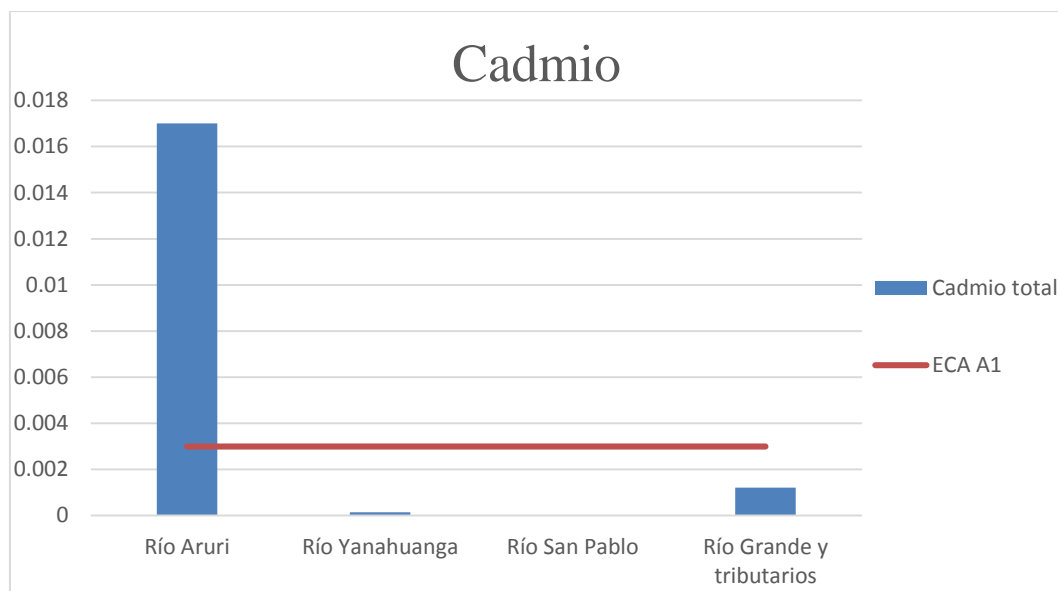


Figura 3: Concentración de Cadmio en las fuentes analizados.

Para el Cadmio sólo se tuvieron los resultados de la Tesis 1 y el de la tesis 4. El del Río Aruri (tesis 1) es casi 7 veces el valor del ECA, mientras que el del Río Grande (tesis 4) se encuentra dentro de los límites permitidos.

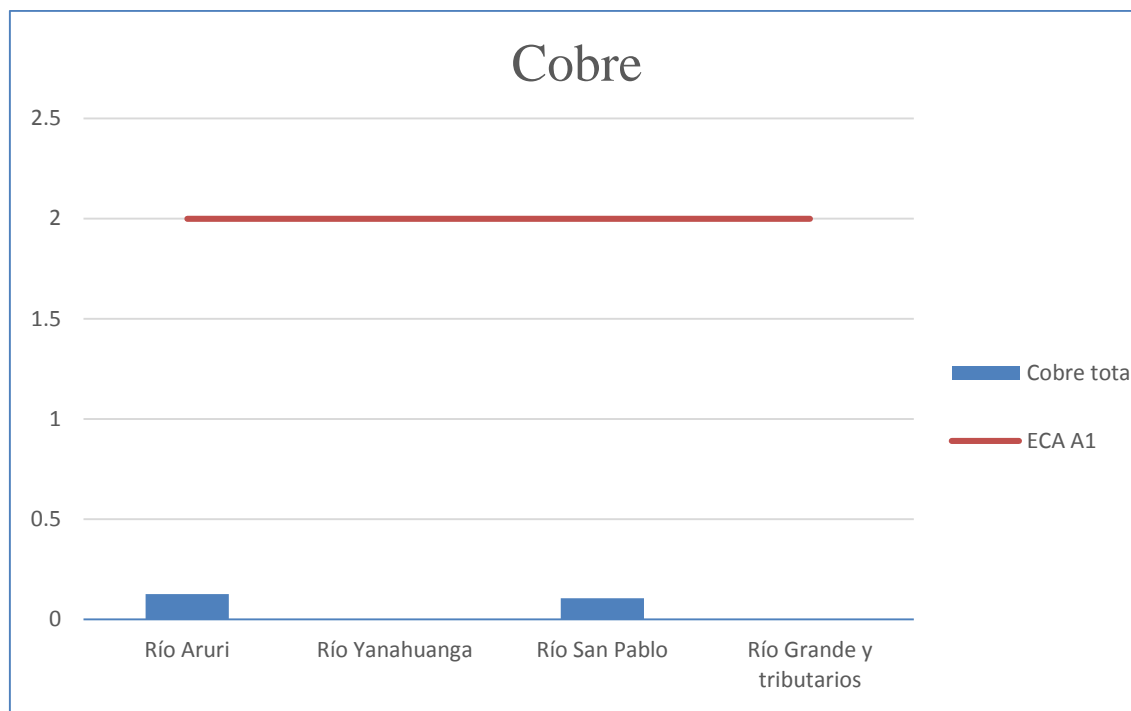


Figura 4: Concentración de Cobre en las fuentes analizadas.

En el caso del Cobre, los resultados de los diferentes análisis distan mucho de llegar al nivel permitido por el ECA

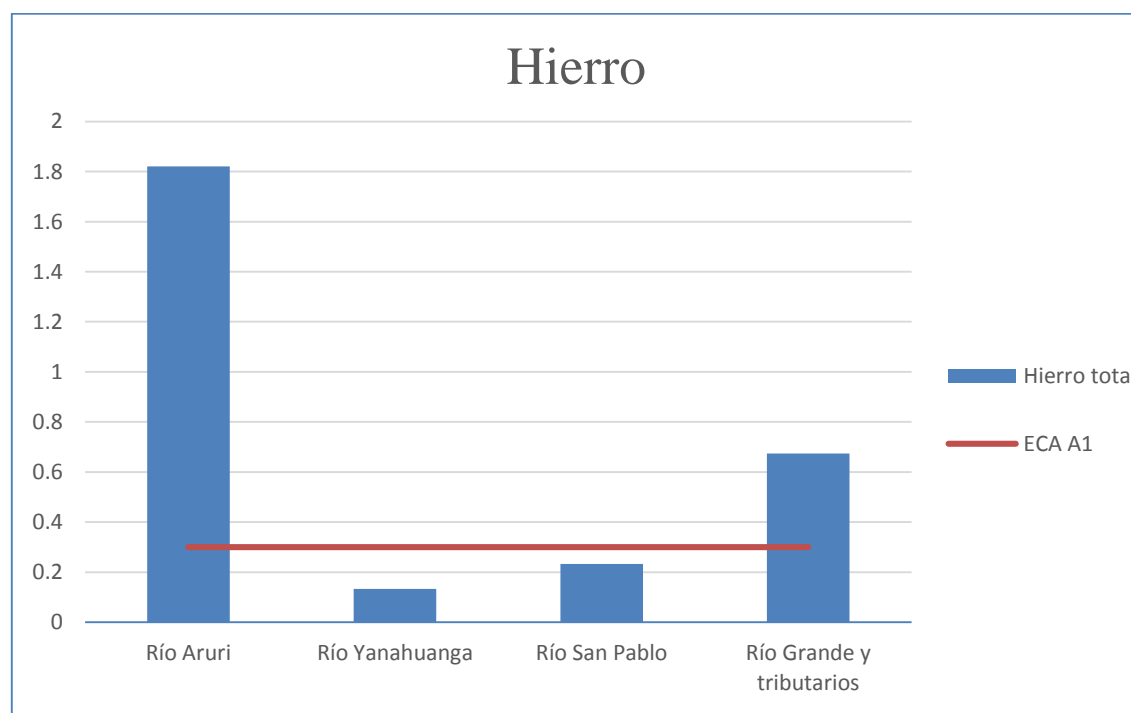


Figura 5: Concentración de Hierro en las fuentes analizadas.

El valor del Hierro en el Río Arauri es anormalmente alto, aproximadamente 8 veces el valor del ECA, sin embargo, el Río Grande (tesis 4) también presenta un valor que duplica dicho valor, los valores del Río San Pablo (Tesis 3) y del Río Yanahuanga están dentro de los límites establecidos por el ECA.

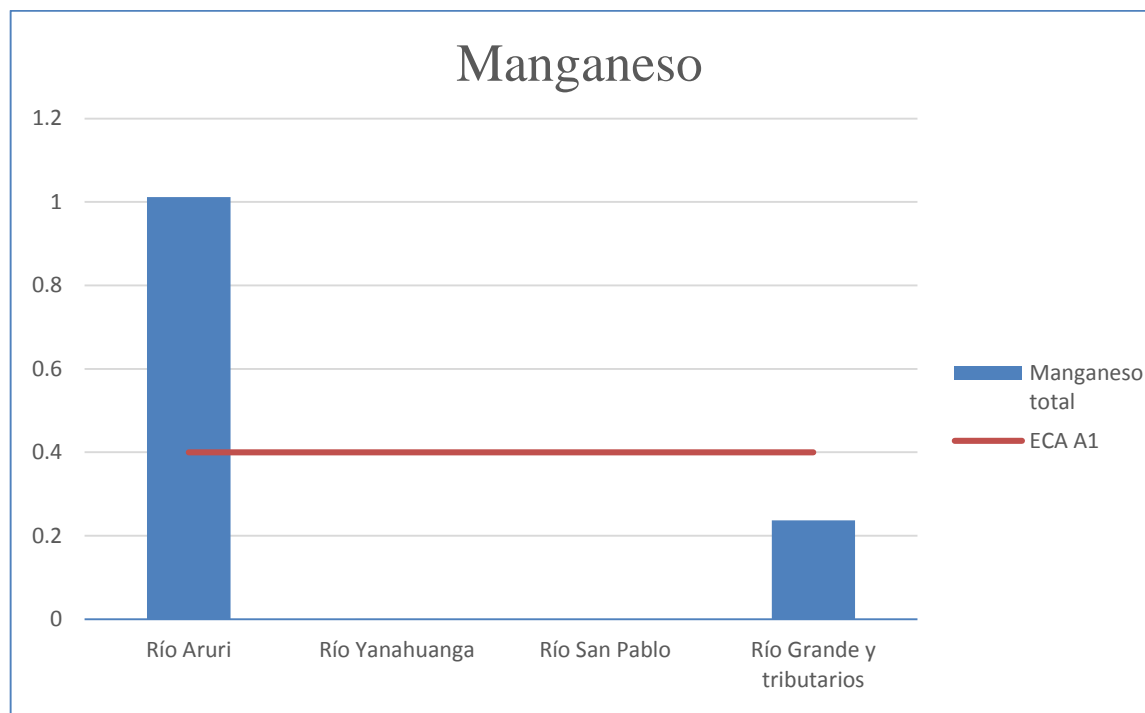


Figura 6: Concentración de Manganeso en las fuentes analizadas

Nuevamente el valor del Manganeso en el río Aruri se dispara ya que es 2,5 veces el valor del ECA, el Río grande está dentro de los límites establecidos y el río Yanahuanga apenas contiene este metal.

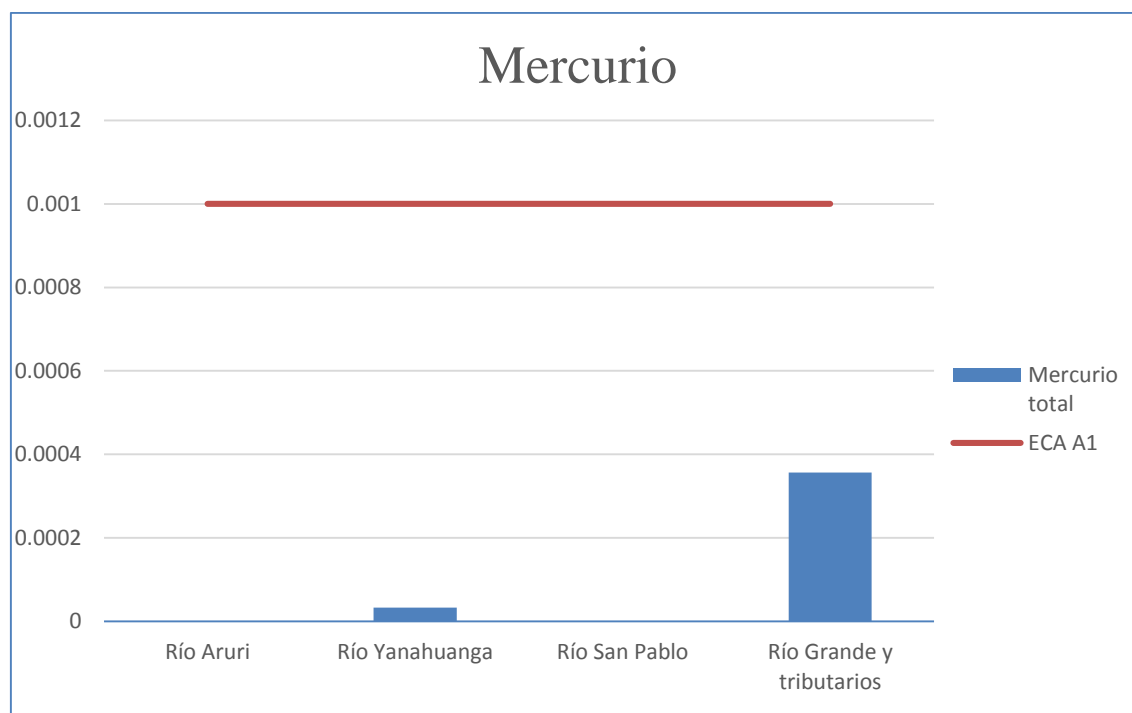


Figura 7: Concentración de Mercurio en las fuentes analizadas

Los valores del mercurio se conservan bien, todos ellos dentro de los límites del ECA.

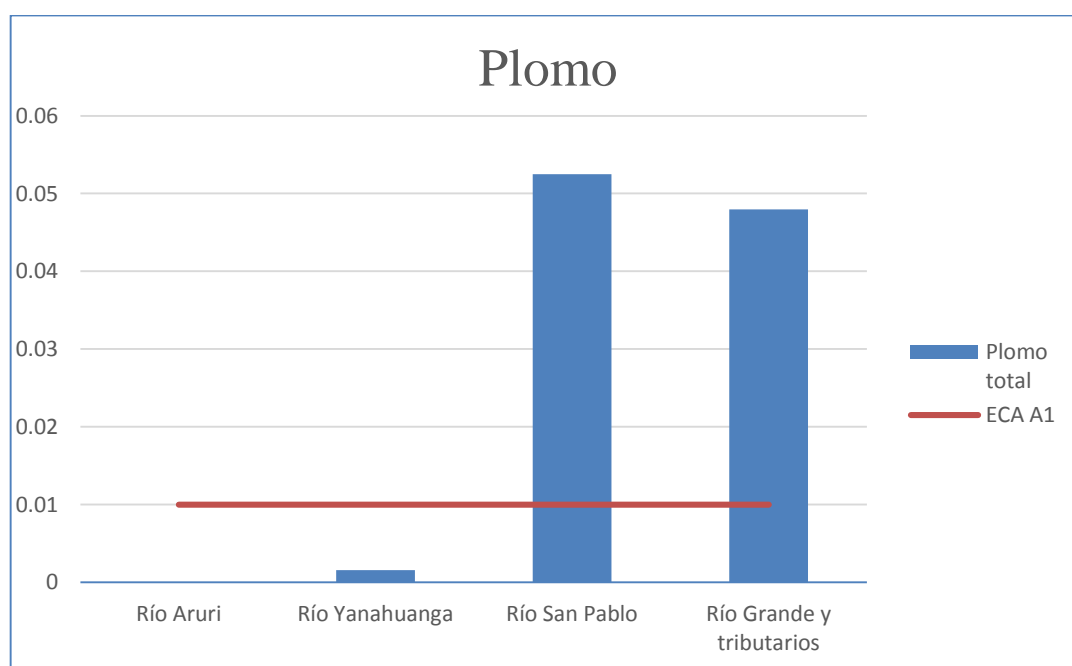


Figura 8: Concentración de Plomo en las fuentes analizadas

El río San Pablo presenta valores anormalmente altos de plomo el que quintuplica el valor del ECA, lo mismo que el río Grande que tiene valores ligeramente menores, el río Yanahuanga presenta una baja cantidad de plomo de apenas un 20% del valor del ECA.

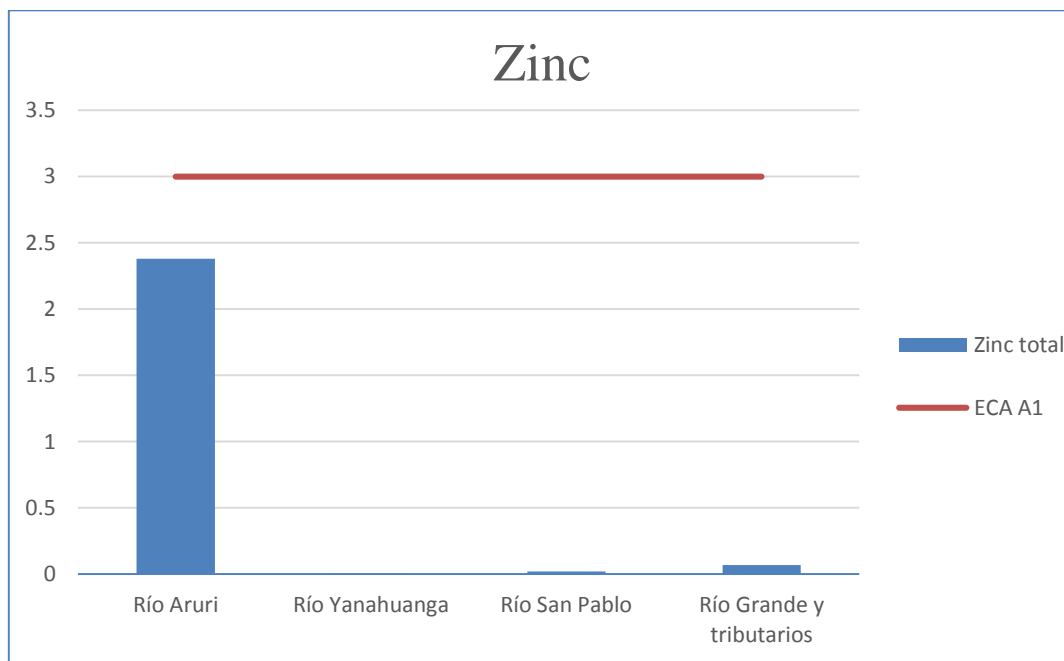


Figura 9: Concentración de Zinc en los ríos aledaños a las fuentes analizadas

Los valores del Zinc se encuentran dentro de los límites ambientales establecidos, destacándose el río Aruri por la mayor cantidad de Zinc en sus aguas (casi un 70% del ECA), los otros ríos presentan cantidades pequeñas de este metal.

A fin de evaluar el posible impacto en el medio ambiente se elaboró una matriz de riesgo que tenga en cuenta tanto la frecuencia en que se presenta un determinado contaminante en los estudios revisados y las veces que ese contaminante multiplica el límite establecido por la legislación peruana (ANA).

Tabla 12

Matriz de riesgos de los contaminantes (metales pesados) examinados

		N° Veces el límite permisible				
		1	2	3	4	5
N° Casos	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13

Índice de contaminantes (metales pesados) que presentan mayor peligrosidad

	fi	f * LMP	Peligro
Cadmio	1	5.7	5.7
Hierro	2	4.2	8.4
Plomo	2	5.0	10.0
Manganeso	1	2.5	2.5
Arsénico	3	1.6	4.8

Fuente: Elaboración propia

4.2 Conclusiones

Se revisó sistemáticamente todos los trabajos que contenían la variable minería y contaminación de aguas. Los resultados muestran que muchos valores de las mediciones de metales pesados en aguas aledañas a las mineras se encuentran por encima de los niveles establecidos por la actual Legislación, concluyendo que la minería si causa contaminación de las aguas.

De acuerdo con la revisión sistemática realizada, los metales pesados presentes en las aguas que están por encima de los límites permisibles en varios de los estudios revisados son: Plomo (en 50% de los estudios), Manganeseo (25% de los estudios), Hierro (50% de los estudios), Cadmio (25%) y Arsénico (75% de los estudios).

De acuerdo con la revisión sistemática, se encontró que el metal que presenta mayor peligrosidad debido a su presencia en altas concentraciones (500% del ECA) y frecuencia en las aguas analizadas (50% de los trabajos revisados) es el Plomo. De acuerdo con la matriz de riesgo elaborada para el presente estudio alcanza un valor de 10.

REFERENCIAS

- Alvarez, G. (2016). *"Medición de las propiedades geoquímicas del drenaje de agua subterránea del nivel 6 y del relave del pasivo ambiental de la mina paredones y su contaminación en el rio San Pablo"*.
- Astete, J., GastañAquino, P. (2017). *Calidad de agua en el Perú. Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales*. Retrieved from http://www.dar.org.pe/archivos/publicacion/176_aguasresiduales.pdf
- Astete, J., Gastañaga, D. C., & Pérez, D. (2014). NIVELES DE METALES PESADOS EN EL AMBIENTE Y SU EXPOSICIÓN EN LA POBLACIÓN LUEGO DE CINCO AÑOS DE EXPLORACIÓN MINERA EN LAS BAMBAS, PERÚ 2010. *Peru Med Exp Salud Publica*. 2014;31(4):695-701., 31, 695–701. Retrieved from <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v31n4/a12v31n4.pdf>
- Cieza, R. (2017). *CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS ESPECÍFICOS EN EL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE HUALGAYOC – 2017*. Universidad César Vallejo. Retrieved from <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/30720>
- Defensoría del Pueblo. (2015). *¡UN LLAMADO A LA REMEDIACIÓN!* Retrieved from <http://www.defensoria.gob.pe>
- Delgado, V. (2016). *EL IMPACTO DE LA MINERÍA EN EL PERÚ, BAJO LA EXÉGESIS DEL ANÁLISIS ECONÓMICO DEL DERECHO, PERÍODO DEL 2010 AL 2015*. UNIVERSIDAD PERUANA DE LAS AMÉRICAS. Retrieved from <http://repositorio.ulasamericas.edu.pe/bitstream/handle/upa/79/TESIS> VICTOR

ERNESTO DELGADO MONTOYA %28con

formato%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Díaz, E. (2014). *Factores Que Influyen En La Calidad Del Agua Del Manantial De Molinopampa, Que Se Usa Para Consumo Doméstico En La Ciudad De Celendín. Universidad Nacional de Cajamarca*. Universidad Nacional de Cajamarca. Retrieved from <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1865>

Huanacuni, V. (2017). *ANALISIS DE METALES PESADOS EN EL ECOSISTEMA DE LA CUENCA LLAUCANO POR LA ACTIVIDAD MINERA EN LA PROVINCIA DE HUALGAYOC –CAJAMARCA 2016*. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA. Retrieved from <http://unachinvestiga.edu.pe/ciencianorandina/images/yt-sampled/data/proyectos-investigacion/proyectos/P276-2016-4.pdf>

INEI. (2017). *PBI de las Actividades Económicas. Total Actividades Económicas, por País 2007 - 2017*. Lima. Retrieved from <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/economia/>

Iturbe, R., & Silva, A. E. (2015). *Revisión bibliográfica sobre contaminación de suelos y acuíferos. Tecnología y ciencias del agua*. Retrieved from <http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/610/515>

Moschella, P. (2012). *Impactos ambientales de la minería aurífera y percepción local en la microcuenca Huacamayo, Madre de Dios. Pontificia Universidad Católica del Perú*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Retrieved from <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/1195>

Pérez, Y. (2019). *“ESTUDIO DE VULNERABILIDAD DE LOS PASIVOS AMBIENTALES PARA EL MEJORAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA MICROCUENCA RÍO*

- PARCOY, LA LIBERTAD, 2018.” UPN. Retrieved from [http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14891/Perez Cáceda Yhino Arsenio - parcial-comprimido.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14891/Perez_Cáceda_Yhino_Arsenio_-_parcial-comprimido.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rodríguez, S. (2018). *IMPACTOS GEOTÉCNICO-AMBIENTALES EN CABECERAS DE SUBCUENCAS POR IMPLANTACIÓN DE MINAS CONGA Cajamarca-Perú*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, Cajamarca. Retrieved from <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2119>
- Salazar, R. (2017). *ANÁLISIS DEL IMPACTO GEOAMBIENTAL DE PASIVOS AMBIENTALES APLICANDO SENSORAMIENTO REMOTO Y FIRMAS ESPECTRALES UTILIZANDO ENVI, PROVINCIA DE HUALGAYOC, CAJAMARCA, 2016*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA. Retrieved from [http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1419/ANÁLISIS DEL IMPACTO GEOAMBIENTAL DE PASIVOS AMBIENTALES APLICANDO SENSORAMIENTO REMOTO Y FIRMAS2.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1419/ANÁLISIS%20DEL%20IMPACTO%20GEOAMBIENTAL%20DE%20PASIVOS%20AMBIENTALES%20APLICANDO%20SENSORAMIENTO%20REMOTO%20Y%20FIRMAS2.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Tirado, P., & Valverde, L. (2018). “*DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE HIERRO, MANGANESO Y COBRE EN AGUAS DEL RIO CHIMINERO DE LA PROVINCIA DE CAJABAMBA*.” UPN. Retrieved from [http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/21341/Tirado Ríos Pool Herless - Valverde Gómez Lenin.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/21341/Tirado_Ríos_Pool_Herless_-_Valverde_Gómez_Lenin.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Vargas, J. (2018). *Análisis y relación geoquímico ambiental de los elementos pesados (As, Ba, Cd, Hg, y Pb), en la microcuenca Jangas - Huaráz*. Universidad Nacional de Cajamarca. Retrieved from <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1974?fbclid=IwAR3Lfau5Jbe0OY6EFC0x>

w77GhWRKzIp0rSfOF7st1pyIoVoiY0Qy1ad9Uhs

Vera, P. (2017). *DINÁMICA DEL As, Cd y Pb EN EL AGUA SUPERFICIAL DE LA PARTE ALTA DEL RÍO JEQUETEPEQUE PROVINCIA DE SAN MIGUEL - CAJAMARCA*. Universidad Nacional de Cajamarca. Retrieved from http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1932/T016_40554382_D.PDF.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Villena, J. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 35(2), 304–312. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>

ANEXOS

Anexo N° 1: Estudios preseleccionados

Astete, J., Gastañaga, D. C., & Pérez, D. (n.d.). NIVELES DE METALES PESADOS EN EL AMBIENTE Y SU EXPOSICIÓN EN LA POBLACIÓN LUEGO DE CINCO AÑOS DE EXPLORACIÓN MINERA EN LAS BAMBAS, PERÚ 2010. Retrieved from <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v31n4/a12v31n4.pdf>

Cieza Ruiz, R. (2017). CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS ESPECÍFICOS EN EL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE HUALGAYOC – 2017. Universidad César Vallejo. Retrieved from <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/30720>

Huanacuni, V. (2017). ANALISIS DE METALES PESADOS EN EL ECOSISTEMA DE LA CUENCA LLAUCANO POR LA ACTIVIDAD MINERA EN LA PROVINCIA DE HUALGAYOC –CAJAMARCA 2016. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA. Retrieved from <http://unachinvestiga.edu.pe/ciencianorandina/images/yt-sampled/yt-sampled/proyectos-investigacion/proyectos/P276-2016-4.pdf>

Jara-Peña, E. (2017). Acumulación de metales pesados en *Calamagrostis rigida* (Kunth) Trin. ex Steud. (Poaceae) y *Myriophyllum quitense* Kunth (Haloragaceae) evaluadas en cuatro humedales altoandinos del Perú. *Arnaldoa*, 24(2), 583–598. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24210>

Pajares - Villanueva, S., & Tarrillo - Pajares, A. (2018). INFLUENCIA DE NUEVOS PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS CONTAMINADAS DEL TAJO CERRO CORONA PARA SU APROVECHAMIENTO EN EL CAMPAMENTO MINERO Y COMUNIDAD DE HUALGAYOC, CAJAMARCA 2018. Universidad privada del Norte. Retrieved from http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13327/Tarrillo_Pajares_Amner_Joel_-_Pajares_Villanueva_Segundo_Ismael.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Saldaña, E. (2017). DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, REGIÓN CAJAMARCA – 2017. UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE. Retrieved from http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14209/Saldaña_Vásquez_Edwin_Jhon.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vargas, J. (2018). Análisis y relación geoquímico ambiental de los elementos pesados (As, Ba, Cd, Hg, y Pb), en la microcuenca Jangas - Huaráz. Universidad Nacional de Cajamarca. Retrieved from <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1974?fbclid=IwAR3Lfau5Jbe0OY6EFC0xw77GhWRKzIp0rSfOF7st1pyIoVoiY0Qy1ad9Uhs>

Benites, R., & Leiva, Y. (2015). “MEDICIÓN DE LAS PROPIEDADES GEOQUÍMICAS Y MECÁNICAS DEL PASIVO AMBIENTAL RELAVE MINA PAREDONES PARA SU PROPUESTA DE UTILIZACIÓN COMO RELLENO EN PASTA PARA LABORES MIN

Muñoz, L., & Rivasplata, C. (2012). “MEJORA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD EN LA EMPRESA AGUA DEL CUMBE S.R.L. MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL SISTEMA HACCP Y LAS SIETE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS DE CALI

Figueroa, R. (2017). “ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA DE LAS LAGUNAS DEL ALTO PERÚ, TUMBADÉN, SAN PABLO, CAJAMARCA.” UPN. Retrieved from <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/11229/Figueroa>

Castañeda, L. (2013). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL BASADO EN LA NORMA ISO 14001:2004 PARA REDUCIR LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN EN LA EMPRESA “SOCIEDAD MINERA DE RESPONSABILIDAD

Rodríguez, S. (2018). IMPACTOS GEOTÉCNICO-AMBIENTALES EN CABECERAS DE SUBCUENCAS POR IMPLANTACIÓN DE MINAS CONGA Cajamarca-Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. Retrieved from <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2119>

Pérez, Y. (2019). “ESTUDIO DE VULNERABILIDAD DE LOS PASIVOS AMBIENTALES PARA EL MEJORAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA MICROCUENCA RÍO PARCOY, LA LIBERTAD, 2018.” UPN. Retrieved from <http://repositori>

Alvarez, G. (2016). “MEDICIÓN DE LAS PROPIEDADES GEOQUÍMICAS DEL DRENAJE DE AGUA SUBTERRÁNEA DEL NIVEL 6 Y DEL RELAVE DEL PASIVO AMBIENTAL DE LA MINA PAREDONES Y SU CONTAMINACIÓN EN EL RIO SAN PABLO

Soriano, M. (2018). “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA UTILIZADA PARA EL CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO POBLADO PATA PATA - 2018.” UPN. Retrieved from <http://re>

Vera, P. (2017). DINÁMICA DEL As, Cd y Pb EN EL AGUA SUPERFICIAL DE LA PARTE ALTA DEL RÍO JEQUETEPEQUE PROVINCIA DE SAN MIGUEL - CAJAMARCA. Universidad Nacional de Cajamarca. Retrieved from <http://rep>

Pérez, Y. (2019). “ESTUDIO DE VULNERABILIDAD DE LOS PASIVOS AMBIENTALES PARA EL MEJORAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA MICROCUENCA RÍO PARCOY, LA LIBERTAD, 2018.” UPN. Retrieved from <http://repositori>

Tirado, P., & Valverde, L. (2018). “DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE HIERRO, MANGANESO Y COBRE EN AGUAS DEL RIO CHIMINERO DE LA PROVINCIA DE CAJABAMBA.” UPN. Retrieved from <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14983>

Rodríguez, D. (2017). "FACTORES QUE AFECTAN CON MAYOR INCIDENCIA EL SERVICIO DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE OTUZCO DEL DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA, 2017" UPN. Retrieve

Vásquez, E. (2018). “CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CUMBE EMPLEANDO FILTRO FRANCES Y CARBÓN ACTIVADO.” UPN. Retrieved from <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14983>

Pérez Caveró, C. A. (2018). Más allá de la maldición de los recursos naturales: efectos diferenciados del boom minero en la sierra peruana, 2001-2016. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Vera Zelada, P. (2017). Dinámica Del As, Cd, Y Pb En El Agua Superficial De La Parte Alta Del Río Jequetepeque Provincia De San Miguel. Universidad Nacional de Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca

Chávez Collantes, A. (2016). Determinación de metales pesados en el agua del manantial La Quintilla y línea de conducción del sistema de agua potable del distrito de Sucre Celendín. Universidad Nacional de Cajamarca.

Torres Portilla, R. del P. (2018).

Díaz Mori, E. D. (2014). Factores Que Influyen En La Calidad Del Agua Del Manantial De Molinopampa, Que Se Usa Para Consumo Doméstico En La Ciudad De Celendín. Universidad Nacional de Cajamarca

Vargas Guevara, J. D. (2018). Análisis y relación geoquímico ambiental de los elementos pesados (As, Ba, Cd, Hg, y Pb), en la microcuenca Jangas - Huaráz. Universidad Nacional de Cajamarca. Uni

Chávez Contreras, R. M. (2018). Evaluación geoquímica e identificación de drenaje ácido de roca de los desmontes, mineral y pared de tajo de la UEA - Cerro de Pasco compañía Volcán. Universidad Nac

García Acosta, F. D. M. (2014). Calidad y uso del agua de la sub cuenca del San Lucas (Cajamarca) en función del índice de Brown. Universidad Nacional de Cajamarca. Universidad Nacional de Caja

Gallardo Saenz, I. (2015). Impacto de la minera Sipán en aguas superficiales del centro poblado San Antonio De Ojos- San Miguel - Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca.

Escalante Rojas, J. C. (2018). Caracterización De Las Aguas Del Río Mashcón Y San Lucas, Y Del Efluente De Las Lagunas De Estabilización De La Ciudad De Cajamarca Con Fines De Evaluación Ambiental, Marzo - Agosto Del 2007. Universidad Nacional de Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca. Retrieved from <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2182>

Castrejón Villanueva, S. E. (2013). Evaluación de recursos hídricos de las microcuencas quebrada minas y ojos para el manejo de aguas. Universidad Nacional de Cajamarca. Universidad Nacional de

Mosqueira Estraver, A. H. (2015). Evaluación crítica del manejo de sustancias tóxicas inorgánicas - orgánicas y el grado de contaminación de las aguas residuales de la U.N.C. Universidad Nacional d

Chávez, G. (2014). PROBABLES EFECTOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA EN EL SISTEMA AGUA- SUELO-PLANTA DE LOS CASERÍOS DE LA VICTORIA, YANAMARCA Y LA COLPA. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Díaz Gálvez, S. (2014). Eficiencia de las estructuras construidas para mejorar la calidad del agua en el cierre de actividades en la mina Banco Minero y Tahona - Hualgayoc - Cajamarca. Universidad

Kianman Chapilliquen, A. R. (2017). Actividad minera de la Empresa Yanacocha en la provincia de Cajamarca y el nivel de impacto en la calidad de vida de la población de su entorno 1993 - 2012. Univ

Rosario, C. (2015). “AGUA, MINERIA Y CONFLICTOS SOCIALES EN CAJAMARCA. Retrieved from http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1557/Tesis_FINAL_061115.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Flores, H. (2016). “Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas del río Grande y su relación con la actividad minera.” UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA. Retrieved from <http://repos>

Saavedra, L. (2019). CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO LLAUCANO DE LA CIUDAD DE BAMBAMARCA. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA. Retrieved from <http://repositori>

Salazar, R. (2016). ANÁLISIS DEL IMPACTO GEOAMBIENTAL DE PASIVOS AMBIENTALES APLICANDO SENSORAMIENTO REMOTO Y FIRMAS ESPECTRALES UTILIZANDO ENVI, PROVINCIA DE HUALGAYOC, CAJAMARCA, 2016. UNIVERSIDAD N

Mego, E. (2016). EVALUACIÓN DE LA OXIDACIÓN QUÍMICA CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO Y ÓSMOSIS INVERSA EN EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE MINERA COIMOLACHE. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA . Retrieved from

Licapa, G. (2015). Influencia del Tiempo de Retención y Composición del Sustrato en la Remoción de Hierro y Cobre del Drenaje Ácido de Mina en Humedales Artificiales. Universidad Nacional de Cajamarca

Moschella Miloslavich, P. (2012). Impactos ambientales de la minería aurífera y percepción local en la microcuenca Huacamayo, Madre de Dios. Pontificia Universidad Católica del Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú. Retrieved from <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/1195>

Corzo Remigio, A. (2015). Impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la microcuenca Quebrada Parac, distrito de San Mateo de Huanchor, Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú. Retrieved from <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6160>

Li Lin, S. (2013). Medición del potencial de generación de agua ácida para un relave en la zona central del Perú y sus necesidades de neutralización. Pontificia Universidad Católica del Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú. Retrieved from <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/4923>

Torres Portilla, R. del P. (2018). A propósito del principio de gradualidad: análisis del proceso de adecuación de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua (ECA - agua) en la actividad de la gran y mediana minería en curso, desde el año 2008 al 2016. Pontificia Universidad Católica del Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú. Retrieved from <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/9874>